

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09288807 A**

(43) Date of publication of application: **04.11.97**

(51) Int. Cl.

**G11B 5/39**

(21) Application number: **09036767**

(22) Date of filing: **20.02.97**

(30) Priority: **22.02.96 JP 08 34557**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor: **SAKAKIMA HIROSHI  
IRIE YASUSUKE  
KAWAWAKE YASUHIRO  
SATOMI MITSUO**

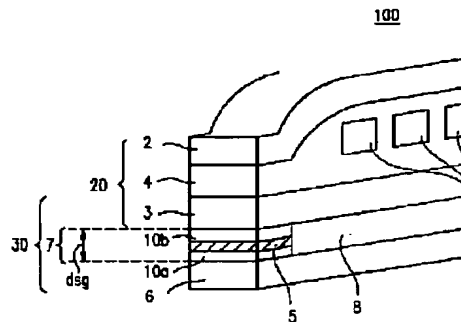
(54) **THIN FILM MAGNETIC HEAD**

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a large magnetic resistance drop by making a magnetic thin film head have a magnetic resistance element part between an upper shield part and a lower shield part and allowing the magnetic resistance element part to be joined to the upper and lower shield parts by conductor layers.

**SOLUTION:** The MR element part 5 in a shield gap 7 is sandwiched between an upper shield part 3 and a lower shield part 6 by interposing conductor through layers 10a, 10b. The upper and lower shield parts 3, 6 function also as lead parts for supplying a sense current to the MR element part 5. In the part of the upper and lower shield parts where the MR element part 5 in the shield gap 7 of magnetic material having electrical conductivity is not arranged, an insulating layer 8 is formed. Then, in a thin film magnetic head 100, the sense current is made to flow in a direction perpendicular to the film surface of the thin film shaped MR element part 5.



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-288807

(43)公開日 平成9年(1997)11月4日

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

識別記号

庁内整理番号

FI

G11B 5/39

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数28 O.L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-36767

(22)出願日 平成9年(1997)2月20日

(31)優先権主張番号 特願平8-34557

(32)優先日 平8(1996)2月22日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 棚岡 博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 入江 隆介

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 川分 康博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(74)代理人 弁護士 山本 秀策

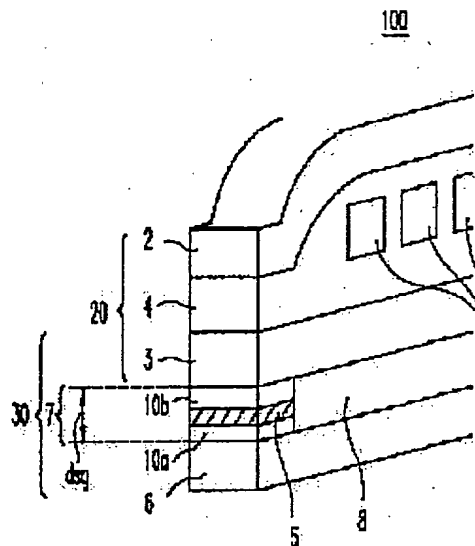
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 薄型磁気ヘッド

(57)【要約】

【課題】 シールドギャップ長の極めて短い超高密度磁気記録用薄型磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 磁気抵抗素子部は、導体層により、上部シールド部および下部シールド部に接合されており、該上部シールド部及び下部シールド部を介して、該磁気抵抗素子部に電流が流れる構成を有し、該上部シールド部及び下部シールド部はリード部としても機能する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 上部シールド部と、下部シールド部と、該上部シールド部と該下部シールド部の間に、磁気抵抗素子部を有し、該磁気抵抗素子部は、逐体層により、該上部シールド部および下部シールド部に接合されており、該上部シールド部及び下部シールド部を介して、該磁気抵抗素子部に電流が流れる薄膜磁気ヘッド。

【請求項 2】 前記磁気抵抗素子部は、巨大磁気抵抗効果を示す多層構造を有する請求項 1 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】 前記多層構造の膜面に実質的に垂直な方向に、前記電流が流れる請求項 2 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 4】 前記多層構造は軟磁性膜を有し、該軟磁性膜の磁化容易軸は、検知すべき磁界の方向と実質的に直交している請求項 2 または 3 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記多層構造は、硬質磁性膜と、軟磁性膜と、該硬質磁性膜と該軟磁性膜との間に形成された非磁性膜とを有し、該硬質磁性膜の磁化容易軸は、検知すべき磁界の方向と実質的に一致している請求項 2 から 4 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記非磁性膜と前記硬質磁性膜との界面と、該非磁性膜と前記軟磁性膜との界面との少なくとも一方の界面に、Co を主成分とする厚さ 0.1~1nm の界面磁性膜をさらに有する請求項 5 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 前記磁気抵抗素子部は、前記多層構造を複数有する請求項 5 または 6 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 8】 前記磁気抵抗素子部は、前記複数の多層構造の間にさらに非磁性膜を有する請求項 7 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 9】 前記多層構造は、金属反強磁性膜と、該金属反強磁性膜と磁気的に結合した第 1 磁性膜と、軟磁性膜と、該第 1 磁性膜と該軟磁性膜との間に形成された非磁性膜とをこの順に有し、該第 1 磁性膜の磁化容易軸は、検知すべき磁界の方向と実質的に一致している請求項 2 から 4 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 10】 前記多層構造は、前記非磁性膜と前記第 1 磁性膜との界面と、該非磁性膜と前記軟磁性膜との界面との少なくとも一方の界面に、Co を主成分とする厚さ 0.1~1nm の界面磁性膜をさらに有する請求項 9 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 11】 前記磁気抵抗素子部は、前記多層構造を複数有する請求項 9 または 10 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 12】 前記磁気抵抗素子部は、前記複数の多層構造の間にさらに非磁性膜を有する請求項 11 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 13】 前記非磁性膜は、第 1 非磁性膜と、第 2 非磁性膜と、該第 1 非磁性膜と第 2 非磁性膜とに挟持

された第 3 非磁性膜とを有し、

該第 2 非磁性膜は、厚さ 0.1~1nm であって、該第 1 非磁性膜と第 2 非磁性膜とは異なる材料から形成されている請求項 5 から 12 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 14】 前記軟磁性膜は、 $NiXCoYFeZ$  を主成分とし、原子組成比で X は 0.6~0.9、Y は 0~0.4、Z は 0~0.3 である請求項 4 から 13 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 15】 前記軟磁性膜は、 $NiX'CoY'FeZ'$  を主成分とし、原子組成比で X' は 0~0.4、Y' は 0.2~0.95、Z' は 0~0.5 である請求項 4 から 13 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 16】 前記軟磁性膜は、非晶質材料から形成されている請求項 4 から 13 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 17】 前記非磁性膜は、Cu、Ag 及び Au のいずれかから形成されている請求項 5 から 12 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 18】 前記第 1 及び第 2 非磁性膜が Cu から形成されており、第 2 非磁性膜が Ag から形成されている請求項 13 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 19】 前記非磁性膜が酸化物薄膜である請求項 5 から 12 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 20】 前記酸化物薄膜は、酸化アルミニウムから形成されている請求項 19 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 21】 前記硬質磁性膜は、主成分として Co を含有する材料から形成されている請求項 5 から 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 22】 前記硬質磁性膜の残留磁化と飽和磁化との比が 0.7 以上である請求項 5 から 8 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 23】 前記金属反強磁性膜は、 $NiMn$ 、 $IrMn$ 、及び PtMn のいずれかから形成されている請求項 9 から 12 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 24】 前記多層構造は、一対の磁性膜と該一対の磁性膜の間に挟持された非磁性膜とを有し、該一対の磁性膜は、反強磁性交換結合している一対の軟磁性膜である請求項 2 または 3 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 25】 前記磁気抵抗素子部は、前記多層構造を複数有する請求項 24 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 26】 前記非磁性膜は、Cu、Ag 及び Au のいずれかから形成されている請求項 24 または 25 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は磁気抵抗効果素子（MR 素子）を有する薄膜磁気ヘッドに関し、特に、シールドギャップ長の極めて狭い超高密度磁気記録用薄膜

磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】従来よりMR素子を有する薄膜磁気ヘッドの開発が進められている。従来のMR素子を有する薄膜磁気ヘッドの部分断面図を図6に示す。

【0003】従来の薄膜磁気ヘッド200は、記録ヘッド部180と再生ヘッド部190とを有している。記録ヘッド180は、磁性体からなるヘッドコア12及び13と、非磁性絶縁膜からなる記録ギャップ14とを有する。また、この非磁性絶縁膜中に貫いて、巻線導体11が設けられている。記録ヘッド部180は、巻線導体11に電流を流すことによって発する磁界をヘッドコア12及び13に集束して、記録ギャップ14からの漏れ磁界により媒体への記録を行う。この記録ヘッド部180は、インダクティブ型の記録ヘッドと呼ばれている。

【0004】一方、再生ヘッド部190は、磁性膜より成る上部シールド13（上記記録ヘッドコア13と兼用）と下部シールド16と、これらの間のシールドギャップ17中に絶縁膜18により上部シールド13と下部シールド16から絶縁されて配置されているMR素子部15を有している。MR素子部15に電流を供給するためのリード部19が、薄膜状のMR素子部15の面内の方向に電流を流すように形成されている。従来、MR素子部15の材料には、パーマロイ（例えば、Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>）が用いられていた。この再生ヘッド部190は、媒体からの信号磁界の変化をMR素子部15の電気抵抗の変化として検出し、そのことによって記録された信号の読み出しを行う磁気抵抗効果型ヘッドとなっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来技術を用いて高密度記録を達成するためには、以下の課題があった。シールドギャップ長（図6中のdsg）は再生すべき最短信号波長と同等もしくはそれ以下にする必要があるため、高密度記録の進展とともに、絶縁膜18とMR素子部15の厚さを薄くすることが要求される。将来的には、シールドギャップ長は約100nm以下となると予想され、絶縁膜18の膜厚を約50nm以下にする必要が生じる。しかしながら、膜厚が約50nm以下で、良好な絶縁性を有する絶縁膜を形成することは、技術的には困難であり、これが高密度記録達成の障害となる可能性がある。

【0006】本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、シールドギャップ長の極めて短い超高密度磁気記録用薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の薄膜磁気ヘッドは、上部シールド部と、下部シールド部と、該上部シールド部と該下部シールド部の間に、磁気抵抗素子を有し、該磁気抵抗素子は、導体層により、該上部シールド部および下部シールド部に接合されており、該上部シールド部及び下部シールド部を介して、該磁気抵抗素子部に電流が流れる構成を有しており、そのことによって上記目的が達成される。

【0008】前記磁気抵抗素子は、巨大磁気抵抗効果を示す多層構造を有することが好ましく、前記多層構造の界面に実質的に垂直な方向に、前記電流が流れることが好ましい。

【0009】前記多層構造は軟磁性膜を有し、該軟磁性膜の磁化容易軸は、検知すべき磁界の方向と実質的に直交していることが好ましい。

【0010】前記多層構造は、硬質磁性膜と、軟磁性膜と、該硬質磁性膜と該軟磁性膜との間に形成された非磁性膜とを有し、該硬質磁性膜の磁化容易軸は、検知すべき磁界の方向と実質的に一致する構成としてもよい。

【0011】前記非磁性膜と前記硬質磁性膜との界面と、該非磁性膜と前記軟磁性膜との界面との少なくとも一方の界面に、Coを主成分とする厚さ0.1～1nmの界面磁性膜をさらに有してもよい。また、磁気抵抗素子は、前記多層構造を複数を有する構成としてもよい。また、前記磁気抵抗素子は、前記複数の多層構造の間にさらに非磁性膜を有する構成としてもよい。

【0012】前記多層構造は、金属反強磁性膜と、該金属反強磁性膜と磁気的に結合した第1磁性膜と、軟磁性膜と、該第1磁性膜と該軟磁性膜との間に形成された非磁性膜とをこの順に有し、該第1磁性膜の磁化容易軸は、検知すべき磁界の方向と実質的に一致する構成としてもよい。

【0013】前記多層構造は、前記非磁性膜と前記第1磁性膜との界面と、該非磁性膜と前記軟磁性膜との界面との少なくとも一方の界面に、Coを主成分とする厚さ0.1～1nmの界面磁性膜をさらに有してもよい。

【0014】前記磁気抵抗素子は、前記多層構造を複数を有する構成としてもよい。また、前記磁気抵抗素子は、前記複数の多層構造の間にさらに非磁性膜を有する構成としてもよい。

【0015】前記非磁性膜は、第1非磁性膜と、第2非磁性膜と、該第1非磁性膜と第2非磁性膜とに挟持された第3非磁性膜とを有し、該第2非磁性膜は、厚さ0.1～1nmであって、該第1非磁性膜と第2非磁性膜とは異なる材料から形成されている構成としてもよい。

【0016】前記軟磁性膜は、NiXCoYFeZを主成分とし、原子組成比でXは0.6～0.9、Yは0～0.4、Zは0～0.3であってもよい。また、前記軟磁性膜は、NiX'CoY'FeZ'を主成分とし、原子組成比でX'は0～0.4、Y'は0.2～0.95、Z'は0～0.5であってもよい。

【0017】前記軟磁性膜は、非晶質材料から形成されていてもよい。

【0018】前記非磁性膜は、Cu、Ag及びAuのいずれかから形成されていることが好ましい。

【0019】前記第1及び第2非磁性膜がCuから形成されており、第2非磁性膜がAgから形成されていることが好ましい。

【0020】前記非磁性膜が酸化物薄膜であってもよい。

【0021】前記酸化物薄膜は、酸化アルミニウムから形成されていてもよい。

【0022】前記硬質磁性膜は、主成分としてCoを含有する材料から形成されていることが好ましい。

【0023】前記硬質磁性膜の残留磁化と飽和磁化との比が0.7以上であることが好ましい。

【0024】前記金属反強磁性膜は、NiMn、IrMn、及びPtMnのいずれかから形成されていてもよい。

【0025】前記多層構造は、一対の磁性膜と該一対の磁性膜の間に挟持された非磁性膜とを有し、該一対の磁性膜は、反強磁性交換結合している一対の軟磁性膜であってもよい。

【0026】前記磁気抵抗素子部は、前記多層構造を複数有する構成としてもよい。

【0027】前記非磁性膜は、Cu、Ag及びAuのいずれかから形成されていることが好ましい。

【0028】以下、作用について説明する。

【0029】本発明の薄膜磁気ヘッドは、MR素子部と上部シールド及び下部シールドを導体層により接続しているので、上部シールド及び下部シールドは、リード部としても機能する。導体層は約20nm程度あるいはそれ以下の膜厚に超薄膜化することが容易である。従って、本発明による薄膜磁気ヘッドは、MR素子部とシールドとの間に超薄膜絶縁膜を必要とせず、上記の超狭ギャップ化における絶縁膜の問題やMR素子部の超薄膜化の問題が解決される。

【0030】さらに、MR素子部に巨大磁気抵抗効果(GMR)を示す多層構造(人工格子膜)を用いると、多層構造は、センス電流の方向が膜面に垂直方向の場合が、膜内方向の場合よりも大きなMR変化率を示すので(例えばJ. Appl. Phys. 75(10), 15, May (1994) pp. 6709-6713)、より大きな再生出力が得られる。

【0031】

【発明の実施の形態】本発明による薄膜磁気ヘッド100の部分断面図を図1に示す。薄膜磁気ヘッド100は、記録ヘッド部20と再生ヘッド部30とを有している。記録ヘッド部20は、磁性体からなる上部ヘッドコア2及び下部ヘッドコア3と、非磁性絶縁膜からなる記録ギャップ4とを有する。また、記録ギャップ4を形成する非磁性絶縁膜中を貫いて、巻線導体1が設けられている。記録ヘッド部20は、巻線導体1に電流を流すことによって発する磁界を上部ヘッドコア2及び下部ヘッドコア3に集束して、記録ギャップ4からの漏れ磁界により媒体への記録を行う。この記録ヘッドは、インダクティブ型の記録ヘッドと呼ばれている。記録ヘッド部20

の構成は、前述の図6に示した従来の薄膜磁気ヘッド200の構成と同様である。

【0032】再生ヘッド部30は、磁性膜より成る上部シールド3(記録ヘッド部20の下部ヘッドコア3と兼用)と下部シールド6と、これらの間のシールドギャップ7中に配置されているMR素子部5を有している。この再生ヘッド部30の構成が従来の薄膜磁気ヘッドと異なる。

【0033】シールドギャップ7内のMR素子部5は、導体層10a及び10bを介して、上部シールド3と下部シールド6との間に挟持されている。上部シールド3と下部シールド6は、MR素子部5にセンス電流を供給するためのリード部としても機能する。上部及び下部シールド部は導電性を有する金属磁性材料(例えば、Fe-Si-Al等で形成されている。)シールドギャップ7内のMR素子部5が配置されていない部分には、絶縁層8が形成されている。本発明における薄膜磁気ヘッド100では、薄膜状のMR素子部5の膜面に垂直な方向にセンス電流が流れる。

【0034】従来の薄膜磁気ヘッド200において、MR素子部15が、絶縁層18を介して上部シールド13と下部シールド16との間に挟持されていたのに対し、本発明による薄膜磁気ヘッド100では、MR素子部5が、導体層10a及び10bを介して上部シールド3と下部シールド6との間に挟持されている。導体層は絶縁層よりも容易に超薄膜化することが可能なので、約20nm程度あるいはそれ以下の膜厚の導体層10a及び10bを形成することができる。従って、本発明によると、上記の従来技術における超狭ギャップ化における絶縁膜の問題やMR素子部の超薄膜化の問題が解決される。

【0035】また、従来のMR素子部の磁性体材料として用いられていたパーマロイ(単層)は、磁性体層に垂直方向(層厚方向)にセンス電流を流しても、磁気抵抗効果を示さないで、上述した本発明の構成を適用すると、薄膜磁気ヘッドとして十分に機能しない。本発明の薄膜磁気ヘッドのMR素子部5としては、巨大磁気抵抗効果(GMR)を示す多層構造(人工格子膜)を用いることが好ましい。GMRを有する多層構造は、センス電流の方向が膜面に垂直方向の場合の方が、膜内方向の場合よりも、大きな磁気抵抗変化率(以下MR変化率と呼ぶ)を示すからである。なお、MR変化率は次式で定義される。

【0036】MR変化率(%) =  $(R(\text{最大値}) - R(\text{最小値})) / R(\text{最小値}) \times 100$

次に、本発明の薄膜磁気ヘッドに好適に用いられる多層構造を有するMR素子部の例を以下に説明する。

【0037】図2(a)に示したMR素子部(多層構造)50は、硬質磁性膜51と軟磁性膜53と、硬質磁性膜51と軟磁性膜53との間に挟持された非磁性膜52とを含んでいる。非磁性膜52は、硬質磁性膜51と

軟磁性膜53との磁氣的な結合を弱めるために形成されている。硬質磁性膜51は磁化曲線の角型性が良好な材料が好ましく、検出すべき磁界（媒体らの信号磁界）の方向が硬質磁性膜51の磁化容易軸方向となるように、構成されるのが好ましい。このMR素子部50においては、軟磁性膜53の磁化の方向のみが、信号磁界により回転し、硬質磁性膜51の磁化は回転せず、軟磁性膜53の磁化の方向と硬質磁性膜51の磁化の方向とがなす角度に応じて、電気抵抗が変化する。軟磁性膜の磁化容易軸は、検出すべき磁界の方向とほぼ直交していることが、線形性が良くノイズの少ない出力を得るためには望ましい。

【0038】本明細書では、100 Oe以上の保磁力を有する磁性膜を「硬質磁性膜」といい、20 Oe以下の保磁力を有する磁性膜を「軟磁性膜」という。

【0039】このMR素子部50の動作原理を説明する。硬質磁性膜51を強磁界により一方向に磁化した場合において、硬質磁性膜51が磁化された方向とは逆の方向の弱い信号磁界がMR素子部50に印加されると、硬質磁性膜51の磁化は回転されないが、軟磁性膜53の磁化は信号磁界の方向に回転される。その結果、硬質磁性膜51の磁化の方向と軟磁性膜53の磁化の方向とは反平行となる。このように硬質磁性膜51の磁化の方向と軟磁性膜53の磁化の方向とが反平行となることにより、MR素子部50を流れる電流の電子は主に、硬質磁性膜51／非磁性膜52／軟磁性膜53の界面に於いて磁氣的散乱を受ける。その結果、MR素子部50の電気抵抗が増加する。一方、硬質磁性膜51が磁化された方向と同一の方向の弱い信号磁界がMR素子部50に印加されると、硬質磁性膜51の磁化の方向と軟磁性膜53の磁化の方向とは平行となる。その結果、上述した磁氣的散乱が低減されるので、MR素子部50の電気抵抗が減少する。このような原理に従い、MR素子部50は、信号磁界の変化に応じて、MR素子部50の電気抵抗を変化させる。上述したように、MR素子部50における電気抵抗の変化の原因は、多層構造の界面における電子の磁氣的散乱なので、MR素子部50の主面に垂直な方向に流れる電流に対する電気抵抗の変化が大きくなる。MR素子部50の主面とは、多層構造を形成する各層が規定する面に平行な面であり、多層構造の積層方向に垂直な面である。

【0040】なお、必要に応じて、上述した多層構造を有するMR素子部50にバイアス磁化を印加するためのバイアス磁界用の導体線をそのMR素子部の近傍に設けてもよいし、そのMR素子部50のうち少なくとも軟磁性膜53を単磁区化するために、そのMR素子部50の端部に反強磁性体膜や硬質磁性膜をさらに付けた構成としてもよい。このことは、後述する構成についても同様である。

【0041】図2（b）に、本発明に好適に用いられる

MR素子部の他の構成を示す。図2（b）に示されるMR素子部50'は、図2（a）に示される「硬質磁性膜51／非磁性膜52／軟磁性膜53」の構造を非磁性膜52を介して複数回積層した構造を有する。このような積層構造は、「硬質磁性膜51／非磁性膜52／軟磁性膜53／非磁性膜52」N（Nは繰り返し数）と表わされる。このような積層構造を採用することにより、それぞれの膜と膜との界面での磁氣的散乱は増加する。従って、シールドギャップ長に余裕がある場合には、上述の複数回積層した多層構造を用いることによって、より大きなMR変化率を有するMR素子が得られる。

【0042】図3（a）に、図2（a）に示されるサンドイッチタイプのMR素子部50において、硬質磁性膜51と非磁性膜52との界面に磁性膜53'（以下、界面磁性膜と呼ぶ）を挿入したMR素子部60を示す。なお、界面磁性膜53'は、非磁性膜52と軟磁性膜53との間に形成してもよい。界面磁性膜53'の磁氣特性は、界面磁性膜53'が接する磁性膜の磁氣特性を損なわない特性を有していればよい。すなわち、界面磁性膜53'が硬質磁性膜51と非磁性膜52との間に挿入される場合には、界面磁性膜53'と硬質磁性膜51とが全体として硬質磁性膜として機能すればよく、界面磁性膜53'が軟磁性膜53と非磁性膜52との間に挿入される場合には、界面磁性膜53'と軟磁性膜53とが全体として軟磁性膜として機能すればよい。

【0043】また、図3（b）に、図2（b）に示される積層タイプのMR素子部50'において、硬質磁性膜51と非磁性膜52の界面に磁性膜53'を挿入したMR素子部60'を示す。図3（b）では、硬質磁性膜51の両面に界面磁性膜53'を設けた構成となっているが、硬質磁性膜51の片面のみに界面磁性膜53'を設けた構成としてもよい。図3（b）に示されるMR素子部60'は、図3（a）に示されるMR素子部60と比較して、より大きなMR変化率を示す。

【0044】図2（b）および図3（b）に示されるような複数回積層タイプのMR素子部を使用する場合には、電子の平均自由行程を配慮して、硬質磁性膜51と非磁性膜52と軟磁性膜53と界面磁性膜53'のそれぞれの膜厚はあまり厚くないことが好ましい。具体的には、各層の膜厚は6nm以下であることが好ましい。また、MR変化率は構成要素の積層回数とともに増加するが効果が顕著にでるのは3回以上で、10回以上ではほぼ飽和する傾向を示す。

【0045】本発明に用いられるMR素子部の他の構成として、反強磁性膜を利用した多層構造の例を示す。

【0046】図4に示したMR素子部（多層構造）70は、金属反強磁性膜54、磁性膜51'、非磁性膜52、界面磁性膜53'と軟磁性膜53とをこの順序に積層した構造を有する。磁性膜51'とその上に積層された金属反強磁性体膜54は、図2及び図3に示したMR素子

部の硬質磁性膜51と同様に機能する。また、界面磁性膜53'を省略してもよい。磁性膜51'と軟磁性膜53との間に挟持された非磁性膜52は、磁性膜51'と軟磁性膜53との磁気的な結合を弱めるために形成されている。また、界面磁性膜53'は、界面における電子スピンの磁気的散乱を向上し、MR変化率を上昇する効果がある。界面磁性膜53'は、非磁性膜52と磁性膜51'との間に形成しても良いし、界面磁性膜53'を非磁性膜52の両側に形成してもよい。界面磁性膜53'の厚さは約0.1〜約2nmより望ましくは約0.5〜約1.5nm範囲にあることが好ましく、Coを主成分とする（2元系の場合はCoが50原子%を超える、3元系の場合は33、3原子%を超える）材料を用いることが好ましい。

【0047】このMR素子部70においては、信号磁界により軟磁性膜53の磁化のみが回転し、磁性膜51'の磁化は回転せず、軟磁性膜53の磁化の方向と磁性膜51'の磁化の方向のなす角度に応じて電気抵抗が変化する。MR素子部70は、磁性膜51'の磁化容易軸方向が信号磁界の方向となるように構成されるのが好ましい。

【0048】また、シールドギャップ長にゆとりのある場合には、図4(b)に示すように、図4(a)の構成単位を非磁性膜52'を介して複数回積層したMR素子部70'を形成すると更に大きなMR変化率が得られる。

【0049】上述したMR素子部において、特に非磁性膜の中に磁性膜間の磁気的結合を弱める効果のある厚さ約0.1〜1nmの更に別の非磁性膜を設けると軟磁性膜の磁化回転がよりスムーズに行われMR素子部の磁界感度が向上する。この場合、Cuからなる非磁性膜の間に、Agからなる非磁性膜を設けると効果的である。

【0050】また、軟磁性膜の材料としては、 $\text{NiXCoYFeZ}$ を主成分とし、原子組成比でXは0.6〜0.9、Yは0〜0.4、Zは0〜0.3であるものを用いると感度が良いMR素子部が得られる。さらに、軟磁性膜の材料として、 $\text{NiX'CoY'FeZ'}$ を主成分とし、原子組成比でX'は0〜0.4、Y'は0.2〜0.95、Z'は0〜0.5であるものを用いると比較的大きなMR変化率を示すMR素子部が得られる。また、軟磁性膜の材料に非晶質磁性膜であるCo-Mn-B、Co-Fe-B等を用いると薄い膜厚で軟磁性を示し、かつGMR特性を示すMR素子部が得られる。

【0051】非磁性膜の材料として、金属材料が好ましく、特にCu、Ag、Auのいずれかを用いると、MR素子部が良好なGMR特性を示すので、好ましい。また、薄い酸化物薄膜からなるトンネルGMR膜を用いて非磁性膜を形成しても良い。この場合には、MR素子部の電気抵抗をリード部に対して十分大きくすることができるので、MR素子部の超薄膜化も容易に行え、超狭シールドギャップの薄膜磁気ヘッドを形成しやすいという利点がある。

酸化物薄膜の材料としては、Alの酸化物( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )が望ましい。また、非磁性膜は、酸化物と金属との混合物より成る膜（例えば、酸化物中に柱状の導体部が導電チャネルとして存在する膜）であっても良い。

【0052】硬質磁性膜としては主成分としてCoを含有するもの（2元系の場合はCoが50原子%を超える、3元系の場合は33、3原子%を超える）を用いると大きなMR変化率が得られる。本発明に好適に用いられる硬質磁性膜の磁化曲線は良好な角型性を有していることが好ましい。本明細書では、「良好な角型性」とは角型比S（＝残留磁化／飽和磁化）が約0.7以上であると定義する。角型比Sが0.7より小さい場合には、寄磁界近傍のMR曲線が劣化する。寄磁界近傍のMR曲線の劣化は、磁気抵抗効果型ヘッドの再生感度や読取り性を劣化させる原因となる。硬質磁性膜の角型比が約0.7以上であることが望ましく、この条件は読取り性が良くかつ大きなMR変化率を示すMR素子部を得るのに重要である。

【0053】反強磁性膜の材料としては、導電性を有する金属材料が好ましく、具体的には、NiMn、IrMn及びPtMnを挙げることができる。酸化物反強磁性体は、通常、膜厚が約10〜約50nm以上でないと反強磁性を示さず、電気抵抗も高いので、好ましくない。

【0054】MR素子部の構成としては、上記以外の他に、図5(a)及び(b)に示すMR素子部80や80'を用いることができる。MR素子部80は、Cu、Ag、Au等の非磁性膜82を介して反強磁性交換結合した二つの同じタイプの磁性膜81及び81'（すなわち、二つの軟磁性膜または二つの硬質磁性膜）を有している。また、上記の構成を複数回積層した構成を有するMR素子部80'を用いても良い。この構成を用いると大きなMR変化率が得られるが、感度はある程度低下する。感度の低下を抑制するためには、二つの磁性膜81及び81'は、軟質磁性膜であることが好ましい。

【0055】硬質磁性膜及び軟質磁性膜の材料としては、上述の材料を用いることができる。非磁性膜82の厚さが約2nm近傍の場合に、二つの磁性膜81及び81'は反強磁性的に結合する。これらのMR素子部80及び80'は、大きなMR変化率が得られるものの、感度は前述のものと比べるとやや劣るが、用途によっては用いることができる。

【0056】

【実施例】以下に、本発明の実施例を説明する。

【0057】（実施例1）本実施例1では、以下のようにして、図2(b)に示したMR素子部50'を有する薄膜磁気ヘッド100（図1）を作製した。まず、基板（例えば、ガラス基板）上にFe-Si-Al（厚さ：約2μm）をスパッタ法で成膜して、下部シールドを形成し、その上に、厚さ約20nmのCuを成膜しパターンニングすることによって、導体層10aを形成した。導体層10a上に、 $[\text{Co}_{0.50}\text{Fe}_{0.50}(3\text{nm})/\text{Cu}(2\text{nm})/\text{Ni}_{0.68}\text{Fe}_{0.20}\text{Co}]$

0.12(13nm)/Cu(2nm)]3からなるMR素子部50' (厚さ: 約60nm) をスパッタ法で形成した。MR素子部50' 上に、厚さ約20nmのCuをスパッタ法で成膜し、パターンニングすることによって、導体層10bを形成した。その後、絶縁膜として厚さ約100nmのSi3N4を反応スパッタ法で成膜し、MR素子部50' にスルーホールを開けた後、Fe-Si-Al (厚さ: 約2μm) をスパッタ法で成膜することによって上部シールド3を形成した。

【0058】その後、巻線導体1を有する非磁性絶縁膜4およびヘッドコア2を形成することによって、薄膜磁気ヘッド100を作製した。非磁性絶縁膜4およびヘッドコア2は、公知の材料および公知の製造方法を用いて形成することができる。得られた狭いシールドギャップ長 (約100nm) を有する薄膜磁気ヘッド100は、十分な再生出力が得られた。

【0059】(実施例2) 実施例1のMR素子部50' を図4(a)に示したMR素子部70に代えた以外は、実施例1と同様にして、実施例2の薄膜磁気ヘッドを作製した。

【0060】本実施例におけるMR素子部70は、[Ir0.20Rh0.80(10nm)/Co0.50Fe0.50(4nm)/Al2O3(5nm)/Co(0.8nm)/Ni0.68Fe0.20Co0.12(10.2nm)]の多層構造 (厚さ: 約7.0nm) を有する。導体層10aおよび10bとして、厚さ約1.5nmのCu膜を成膜した。本実施例の薄膜磁気ヘッドも、実施例1と同様、十分な再生出力が得られた。

【0061】(実施例3) 本実施例では、下部シールド5の材料としてNi-Fe-Coを用いたこと、及びMR素子部70に代えて、下記のMR素子部70を用いた以外は、実施例2と同様にして、実施例3の薄膜磁気ヘッドを作製した。

【0062】本実施例のMR素子部70は、[Ir0.20Rh0.80(8nm)/Co(3nm)/Al2O3(5nm)/Co0.90Fe0.10(1nm)/CoMnB(2nm)]の多層構造 (厚さ: 約1.9nm) を有する。導体層10a及び10bとして、厚さ約2.0nmのCu膜を成膜し、絶縁膜として、厚さ約5.0nmのSi3N4を成膜した。この多層構造の特徴は、軟磁性膜の材料として非晶質のCoMnBを用いた点にある。実施例3の薄膜磁気ヘッドはシールドギャップ長が約60nmと非常に狭いが、実施例1と同様、十分な再生出力が得られた。

【0063】(実施例4) 実施例1のMR素子部50' を図5(b)に示したMR素子部80' に代えた以外は、実施例1と同様にして、実施例4の薄膜磁気ヘッドを作製した。

【0064】本実施例におけるMR素子部80' は、[Ni0.68Co0.20Fe0.12(3nm)/Cu(2nm)/Co0.7Fe0.20Ni0.10(3nm)/Cu(2nm)]6の多層構造 (厚さ: 約6.0nm) を有する。本実施例の薄膜磁気ヘッドは、感度はやや低いが、実施例1と同様、十分な再生出力が得られた。

【0065】(比較例1) 本比較例1では、以下のよう

にして、図6に示した従来の薄膜磁気ヘッド200を作製した。ガラス基板上に、Fe-Si-Al (厚さ: 約2μm) をスパッタ法で成膜し、下部シールド15を形成した。次に、厚さ約40nmのSi3N4を反応スパッタ法で成膜し、絶縁膜18 (下部) を形成した。絶縁膜18 (下部) 上に、[Co0.50Fe0.50(3nm)/Cu(2nm)/Ni0.68Fe0.20Co0.12(13nm)/Cu(2nm)]からなるMR素子部15をスパッタ法で成膜し、その上に、厚さ約40nmのSi3N4を反応スパッタ法でさらに成膜し、絶縁膜18 (上部) を形成した。絶縁膜18上にFe-Si-Al (厚さ: 約2μm) をスパッタ法で成膜し、上部シールド13を形成した。

【0066】以下、実施例1と同様にして、薄膜磁気ヘッド200を作製した。厚さ約40nmのSi3N4では絶縁が不十分であり、比較例1の薄膜磁気ヘッド200は、MR素子部15とシールド部13及び/または15との間でリークがあり、不安定な動作を示した。

【0067】

【発明の効果】 上述したように、本発明の薄膜磁気ヘッドは、シールド部とMR素子部の間の超薄膜絶縁膜を必要としないので、従来の薄膜磁気ヘッドの超狭ギャップ化における絶縁膜の問題は無く、シールドギャップ長の極めて短い超高密度磁気記録用薄膜磁気ヘッドを提供することができる。特に、MR素子部にGMRを示す多層構造を用いると、MR素子部にその膜面に垂直方向に電流が流れ、大きな磁気抵抗効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による薄膜磁気ヘッドの部分断面図である。

【図2】 本発明による磁気ヘッドに用いられるMR素子部の断面図である。(a)は基本構成で、(b)は(a)の構成を複数回積層した構成である。

【図3】 本発明による磁気ヘッドに用いられる他のMR素子部の断面図である。(a)は基本構成で、(b)は(a)の構成を複数回積層した構成である。

【図4】 本発明による磁気ヘッドに用いられる他のMR素子部の断面図である。(a)は基本構成で、(b)は(a)の構成を複数回積層した構成である。

【図5】 本発明による磁気ヘッドに用いられる他のMR素子部の断面図である。(a)は基本構成で、(b)は(a)の構成を複数回積層した構成である。

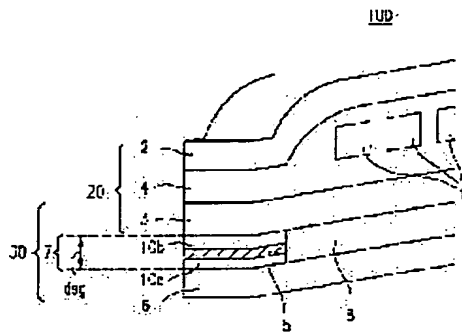
【図6】 従来の薄膜磁気ヘッドの部分断面図である。

【符号の説明】

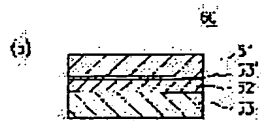
- 1、11 巻線導体
- 2、12 ヘッドコア部
- 3、13 ヘッドコア部 (上部シールドと兼用)
- 4、14 記録ギャップ部
- 5、15 MR素子部
- 6、16 下部シールド部
- 7、17 シールドギャップ
- 8、18 絶縁膜



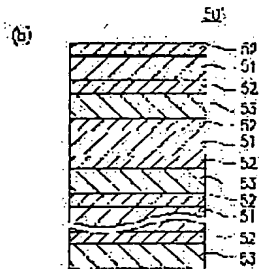
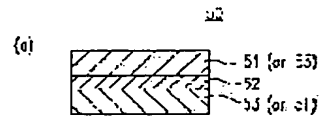
【図1】



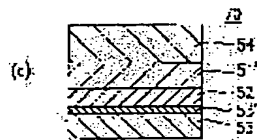
【図2】



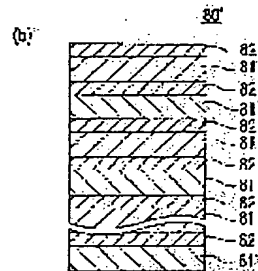
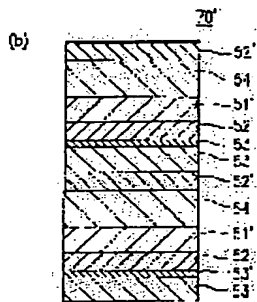
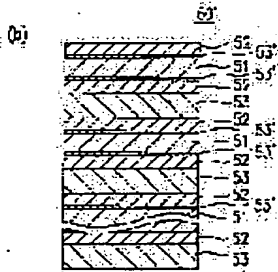
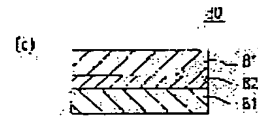
【図3】



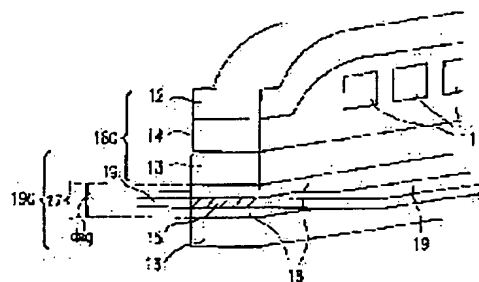
【図4】



【図5】



25.0



(72) 發明者、里見、三男

9-3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**